

УДК 621.793

¹В.Д. Гулевець, канд. техн. наук²С.О. Петриченко

ЗНОСОСТІЙКИЙ МАТЕРІАЛ ДЛЯ ГАЗОТЕРМІЧНИХ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ ПОДВІЙНОГО КАРБІДУ ТИТАНА-ХРОМУ

¹Інститут екології та дизайну НАУ, e-mail: ied@nau.edu.ua²Факультет військової підготовки НАУ

Розглянуто триботехнічні характеристики в умовах відсутності мащення композиційних матеріалів на основі подвійного карбіду титана-хрому з металевим зв'язком Fe–Cr і Fe–Ni.

Вступ

Подвійний карбід титана-хрому є перспективним матеріалом для нанесення зносостійких покриттів, оскільки має високу твердість, зносо- і корозійну стійкість [1].

Однак застосування цього матеріалу обмежено через його високу крихкість. Рациональне використання складного карбіду TiCrC як зносостійких покриттів можливо лише в комплексі з металевими зв'язками [2]. Як металевий зв'язок доцільно використовувати сплави на основі заліза.

Наявність заліза в зв'язках композиційного матеріалу при нанесенні покриттів на сталеві поверхні приводить до зниження градієнта концентрацій заліза Fe у захисному шарі та у зміцнюваній поверхні. Це сприяє зниженню дифузійних процесів на міжфазній межі покриття і сталевій основи, а, отже, дозволяє зберегти їх склад без істотних змін як при нанесенні захисного шару, так і в процесі його експлуатації.

Мета проведених досліджень – розробка нового зносостійкого композиційного матеріалу для покриттів на основі подвійного карбіду титана-хрому з залізовмісними металевими зв'язками, вивчення його структури і визначення трибо-технічних характеристик.

Методи досліджень

Для вибору металевий зв'язки нового композиційного матеріалу в роботі досліджена контактна взаємодія подвійного карбіду титана-хрому зі сплавами на основі заліза методом “лежачої” краплі, у вакуумній установці, у діапазоні температур 1500–1550 °С з наступним аналізом складу і структури фаз, що утворюються, на електронному мікроаналізаторі “Comebax SX-50” [3].

Дослідні зразки матеріалів одержували методами порошкової металургії: спіканням у вакуумі в печах СШВ і гарячим пресуванням у графітових прес-формах.

Триботехнічні дослідження проведені на машині тертя МТ-68 в умовах сухого тертя з використанням системи вал – вкладиш [4].

Результати досліджень

Вивчено особливості міжфазної взаємодії подвійного карбіду титана-хрому зі сплавами на основі заліза Fe–Cr(Ni). Вихідний порошок TiCrC отриманий методом СВС із суміші титана, хрому і сажі, взятих у співвідношенні $Ti : Cr_3C_2 = 7 : 3$. Для вивчення механізму контактної взаємодії зі сплавами заліза з порошків подвійного карбіду титана-хрому були виготовлені зразки підкладок методом гарячого пресування.

У даній роботі вивчений механізм міжфазної взаємодії подвійного карбіду титана-хрому зі сплавами заліза, що містять як домішки нікель (12 і 40 % маси) і хром (13 % маси).

При змочуванні складного карбіду сплавом Fe – 12 % маси Ni на поверхні підкладки спочатку утворюється кут 65°, а протягом 3 хв установлюється кінцевий кут 0 (рис. 1).

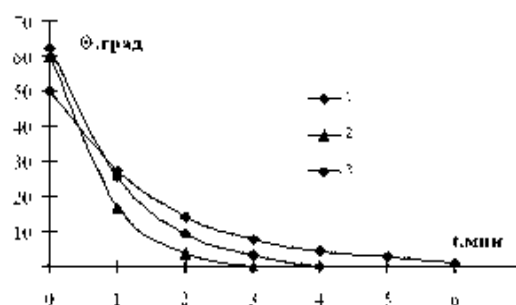


Рис. 1. Кінетика змочування TiCrC сплавами на основі заліза з домішками:

◆ – 12%Ni; ▲ – 40%Ni; ● – 13%Cr

Вивчення мікроструктури системи TiCrC з металевим зв'язком (Fe – Ni) виявило такі особливості: між зернами карбідів рівномірно розподілена металева фаза, що являє собою твердий розчин хрому в залізі (рис. 2).

Крапля близька за складом вихідному Fe – Ni сплаву, але містить незначну кількість хрому і є складним твердим розчином Fe – Ni – Cr. Механізм взаємодії у вивченій системі можна описати наступною схемою: компоненти TiCrC при контакті з рідким металевим розплавом частково

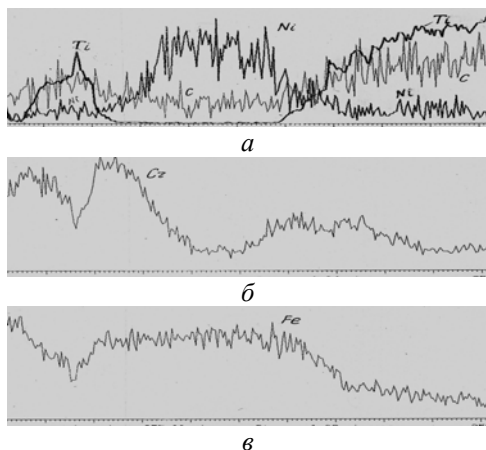


Рис. 2. Спектрограми зони взаємодії системи TiCrC – (Fe – 12%Ni):
а – розподіл Ti, C, Ni; б – Cr; в – Fe

розчиняються в ньому і за рахунок перекристалізації в краплі утворюються зерна подвійного карбіду розміром 5–7 мкм.

При взаємодії подвійного карбіду титана-хрому зі сплавом Fe – 13 % Cr утворюються також нульові кути змочування. Первісний кут становить 50°, а до початку 6 хв процес розтікання цілком завершується (рис. 1).

Вивчення мікроструктури зони взаємодії зразка TiCrC – (Fe – 13 % Cr) на електронному мікроаналізаторі показало, що вона має з боку підкладки гетерофазної структури, що складаються з зерен карбіду і металевої фази в проміжку (рис. 3), а з боку сплаву твердий розчин на основі Fe–Cr, що містить до 1 % маси титана.

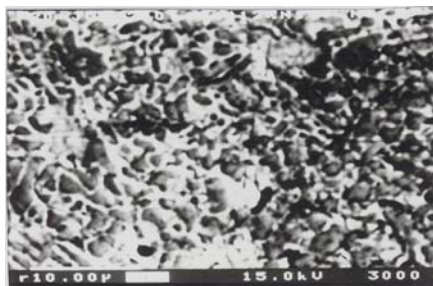


Рис. 3. Структура підкладки зони взаємодії TiCrC–(Fe–13 % Cr)

Проведені дослідження з вивчення міжфазної взаємодії в системах TiCrC – (Fe – сплав) дозволяють зробити висновки, що сплави на основі заліза з домішками нікелю і хрому змочують подвійний карбід титана хрому, з утворенням нульових контактних кутів, у системах утворюються обмежені тверді розчини, а, сплави Fe–Cr і Fe–Ni задовольняють вимоги до металевих зв'язків і можуть бути використані для створення зносостійких композиційних матеріалів.

Для одержання композиційного матеріалу було обрано метал зв'язку Fe – Cr. Кількість металевого зв'язку в композиційному матеріалі становить 20 і 30 % маси. Порошки TiCrC, Fe і Cr перемішувалися в планетарному млині, у середовищі спирту, після чого піддавалися гарячому пресуванню в графітових прес-формах при температурі 1550 °C і навантаженні 20 МПа. Процес ущільнення припиняється на 8 хв для матеріалу, що містить 30 % маси зв'язки і на 12 хв для матеріалу TiCrC – 20 % (Fe – 15 % Cr). Відносна щільність матеріалів становила $\rho = 0,99$. Мікроструктура матеріалу TiCrC – 20 % (Fe – 15 % Cr) складається з зерен сірої фази сферичної форми (зерна складного карбіду, розміром 1 – 5 мкм), між якими розподілена біла металева фаза (рис. 4)

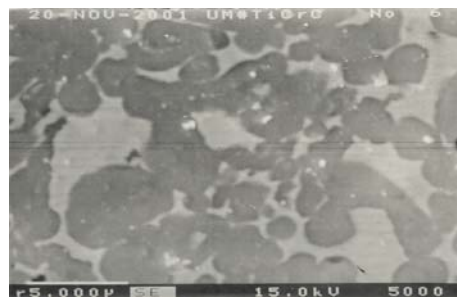


Рис. 4. Мікроструктура матеріалу TiCrC–(Fe–Cr), x5000

У роботі були вивчені триботехнічні характеристики композиційного матеріалу TiCrC – 20 % (Fe–Cr). Визначено значення коефіцієнта тертя і відносна зносостійкість матеріалу в умовах сухого тертя при різних швидкостях (у діапазоні від 5 до 15 м/с) і навантаженнях (2,5–10 МПа). Як контртіло використовувалася сталь 65М. Коефіцієнт тертя зі збільшенням швидкості дослідів зменшується і при $V=15$ м/с і дорівнює 0,2. Відносна зносостійкість зі збільшенням швидкості зменшується, причому якщо при низьких швидкостях дослідів знос зразка не перевищував 4,2 мкм/км, то при максимальній швидкості дослідів знос збільшився до 12 мкм/км (рис. 5).

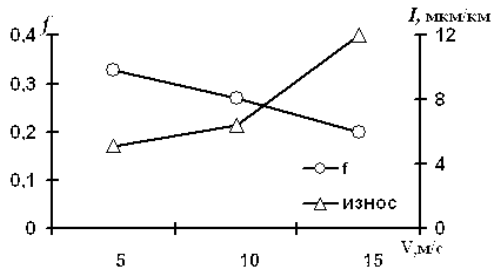


Рис. 5. Вплив швидкості на величину зносу і значення коефіцієнта тертя матеріалу TiCrC – 20 % (Fe–Cr) при навантаженні $P=5$ МПа:
-○- - тертя; Δ - знос

Триботехнічні випробування при сталій швидкості і різних навантаженнях знайшли ті самі тенденції: зі збільшенням навантаження спостерігається зменшення значень коефіцієнта тертя і збільшення лінійного зносу, причому процес зношування, як було визначено, зі збільшенням навантаження протікає інтенсивніше, ніж зі збільшенням швидкості (рис. 6).

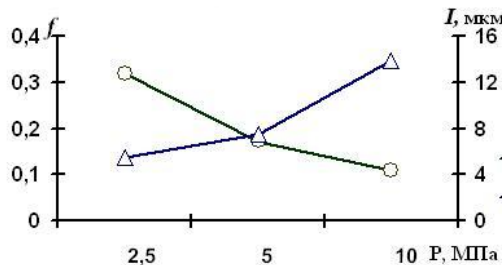


Рис. 6. Вплив навантаження на величину зносу і значення коефіцієнта тертя матеріалу TiCrC – 20 % (Ni–Cr) при сталій швидкості ($V=15$ м/с): \circ – тертя; Δ – знос

Дослідження поверхні матеріалу після триботехнічних випробувань показало, що в результаті трибоокиснення утворюються вторинні оксидні структури, що являють собою тверді розчини $TiO_2-Fe_2O_3$ і $TiO_2-Cr_2O_3$. Вони являють собою щільні плівки, адгезійно міцно пов'язані з поверхнею матеріалу, що і впливають на процеси тертя і зносу.

Наявність цих вторинних структур пояснює незначний знос і зменшення величини коефіцієнта тертя матеріалу зі збільшенням швидкості ковзання і навантаження при триботехнічних випробуваннях, що дозволяє рекомендувати розроблений матеріал для нанесення зносостійких покриттів.

В.Д. Гулевец, С.О. Петриченко

Износостойкий материал для газотермических покрытий на основе двойного карбида титана-хрома

Рассмотрены триботехнические характеристики в условиях отсутствия композиционных материалов на основе двойного карбида титана-хрома с металлической связью Fe–Cr и Fe–Ni.

V.D. Gulevec, S.O. Petruchenko

Wearing steadfast material for gasometrical covering on base of titanium-chromium double carbide

The presented trybotechanical characteristics in the condition of composite material absence on base of the coniferous carbide of titanium-chromium with metallic relationship Fe–Cr and Fe–Ni.

Висновки

Вивчено міжфазну взаємодію подвійного карбіду титана-хрому зі сплавами на основі заліза і встановлено, що сплави Fe–Cr і Fe–Ni змочують TiCrC з утворенням нульових кутів, у досліджених системах утворюються обмежені тверді розчини. Це дозволило рекомендувати сплави Fe–Cr і Fe–Ni для використання як металевої зв'язки композиційних матеріалів на основі подвійного карбіду титана-хрому.

Методами порошкової металургії отримані дослідні зразки матеріалу системи TiCrC–(Fe–Cr), для якого визначені триботехнічні характеристики в умовах сухого тертя. Показано, що основний вплив на тертя і знос робить склад вторинних структур, що утворюються в процесі трибоокиснення. Установлено, що зі зростанням швидкості ковзання і навантаження, коефіцієнт тертя й інтенсивність зношування зменшуються, що дозволяє рекомендувати розроблений матеріал для нанесення зносостійких покриттів.

Список літератури

1. Комратов Г.Н. Кинетика окисления порошков двойного карбида титана и хрома и карбида хрома // Порошковая металлургия. – 1999. – №9/10. – С. 52 – 57.
2. Кислый П.С. Керметы. – К.: Наук. думка, 1985. – 271 с.
3. Козина Г.К. Исследование контактного взаимодействия тугоплавких карбидов и материалов на их основе с жидкими металлами и сплавами. Автореф. дис. канд. техн. наук. – К., 1969. – 35 с.
4. Мамыкин Е.Т., Юга А.И. Комплекс машин и методов для определения антифрикционных свойств в условиях трения скольжения // Порошковая металлургия. – 1973. – №1. – С. 67–72.

Стаття надійшла до редакції 17.09.04.